

DERWENT-ACC-NO: 2000-118812
DERWENT-WEEK: 200011
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: New single crystal nickel superalloy, e.g. for aircraft turbine blades, has a specified composition providing low density, high creep resistance and good micro structural stability

INVENTOR: DE BUSSAC, A M H; HONNORAT, Y C L A ; LASALMONIE, A ; RAGOT, J L P

PATENT-ASSIGNEE: SNECMA SOC NAT ETUD & CONSTR MOTEURS AVI[SNEA]

PRIORITY-DATA: 1998FR-0008799 (July 9, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES	MAIN-IPC	
FR 2780983 A1	January 14, 2000	N/A
013	C22C 019/05	

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
FR 2780983A1	N/A	1998FR-0008799
July 9, 1998		

INT-CL (IPC): C22C019/05

ABSTRACTED-PUB-NO: FR 2780983A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - A low density single crystal nickel base superalloy, has specified content of chromium, molybdenum, tungsten, tantalum, titanium, niobium, aluminum, ruthenium, hafnium and rhenium.

DETAILED DESCRIPTION - A single crystal nickel base superalloy, having high creep resistance, good micro structural stability and a density of not more than 8.7, has the composition (by wt.) 4.5-6 % Cr, 0-10% Co, 1-3 % Mo, 4.5-7.5 % W, 3.5-7 % Ta, 0.5-2% Ti, 0-2 % Nb, 5-5.6 % Al, 0-3 % Ru, 0-0.2 % Hf, 0-0.2 %

Si, 2-3.5 % Re, 0-0.05 % Y, 0-10 ppm S and balance Ni, the sum of Al + Ti + Ta + Nb being 15-16 at. % and the sum of Mo + W + Re + Ru being 4.2-4.8 at. %.

USE - For aircraft applications e.g. high pressure turbine blades.

ADVANTAGE - The superalloy has high creep resistance, good micro structural stability, a low density of not more than 8.7 and increased strength at above 900 deg. C.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows 300 hr. creep test curves of stress at 1% elongation versus temperature for (AE3) a superalloy according to the invention, (A, B) super alloys according to EP 149942, (C) a superalloy CMSX4 according to EP 155827, (D) a superalloy R'N6 according to US 5455120 and (F) a superalloy CMSX10 according to WO 9400611.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

TITLE-TERMS:
NEW SINGLE CRYSTAL NICKEL SUPERALLOY AIRCRAFT TURBINE BLADE SPECIFIED
COMPOSITION LOW DENSITY HIGH CREEP RESISTANCE MICRO STRUCTURE STABILISED

DERWENT-CLASS: M26

CPI-CODES: M26-B08; M26-B08A; M26-B08C; M26-B08M; M26-B08T; M26-B08X;

SECONDARY-ACC-NO:
CPI Secondary Accession Numbers: C2000-036639

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 780 983**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **98 08799**

⑤1 Int Cl⁷ : C 22 C 19/05

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 Date de dépôt : 09.07.98.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.01.00 Bulletin 00/02.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET
DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION
SNECMA Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : DE BUSSAC ARNAUD MARIE
HERVE, RAGOT JEAN LOUIS PIERRE, LASALMONIE
ALAIN et HONNORAT YVES CHRISTIAN LOUIS
ALAIN.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET
DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION
SNECMA

⑤4 **SUPERALLIAGE MONOCRISTALLIN A BASE DE NICKEL A RESISTANCE ACCRUE A HAUTE
TEMPERATURE.**

⑤7 Superalliage monocristallin à matrice à base de nic-
kel, de densité ne dépassant pas 8,7, de composition pon-
dérale suivante : Cr 4,5 à 6 % - Co 0 à 10 % - Mo 1 à 3 % -
W 4,5 à 7,5 % - Ta 3,5 à 7 % - Ti 0,5 à 2 % - Nb 0 à 0,2
% - Al 5 à 5,6 % - Ru 0 à 3 % - Hf 0 à 0,7 % - Si 0 à 0,2
% - Re 2 à 3,5 % - Y 0 à 0,05 % - S 0 à 10 ppm et Ni complé-
ment à 100. De plus, la somme atomique Al+Ti+Ta+Nb est
comprise entre 15 et 16 % et la somme atomique
Mo+W+Re+Ru est comprise entre 4,2 et 4,8 %.

Ce superalliage est particulièrement adapté à la coulée
monocristalline d'aubes de turbine présentant une haute ré-
sistance au fluage et il présente une bonne stabilité micros-
structurale.

FR 2 780 983 - A1



DESCRIPTION

SUPERALLIAGE MONOCRISTALLIN A BASE DE NICKEL A RESISTANCE
ACCRUE A HAUTE TEMPERATURE

L'invention concerne des compositions de superalliages à base
5 de nickel, utilisables en fonderie monocristalline, notamment
pour des applications aéronautiques telles que des aubes de
turbine à haute pression.

Ces applications imposent des conditions sévères
10 d'utilisation, notamment à de hautes températures où des
propriétés mécaniques à chaud sont demandées et dans le cas
des aubes de turbine, une bonne résistance mécanique avec une
tenue au fluage à hautes températures où une bonne stabilité
du superalliage doit en outre être conservée.

15 De nombreuses familles de superalliages ont été mises au
point en vue de répondre à ces besoins. Ainsi EP 0 149 942 A
décrit un alliage monocristallin à haute résistance au fluage
à matrice à base de nickel dont la composition en poids est
20 définie par les teneurs Co 5 à 8% ; Cr 6,5 à 10% ; Mo 0,5 à
2,5 % ; W 5 à 9% ; Ta 6 à 9 % ; Al 4,5 à 5,8% ; Ti 1 à 2% ;
Nb 0 à 1,5% ; C, Zr, B chacun inférieur à 100ppm et Ni
complément à 100 avec les conditions supplémentaires, la
somme des pourcentages pondéraux de Ta + Mo + 1/2 W est
25 comprise entre 11,3 % et 13,5 %, la somme des pourcentages
atomiques de Ti + Al + Nb est comprise entre 15,54 % et 17 %,
la somme des pourcentages atomiques Ta + Nb + Mo + 1/2 W est
comprise entre 4 et 5,5 %, la somme des pourcentages
atomiques Ti + Al + Ta + Nb + Mo + 1/2 W est comprise entre
30 17,5 et 19% et la somme des pourcentages atomiques Ti + Al
est comprise entre 12,8 et 14,5%.

D'autres mises au point ont abouti à des compositions de
superalliage comportant des ajouts de rhénium. A titre
35 d'exemple on citera notamment US 5 270 123, EP 0 434 996 A,
US 4 878 965, EP 0 208 645 A et GB-A-2 235 697.

Par rapport aux solutions connues, le but de l'invention est de proposer une nouvelle famille de superalliages du type précité, de densité ne dépassant pas 8,7 présentant des caractéristiques d'utilisation avantageuses, particulièrement grâce à une amélioration de la résistance mécanique au-delà de 900°C tout en conservant une bonne stabilité du superalliage à haute température.

Ce but est atteint conformément à l'invention par des superalliages présentant la composition suivante, en pourcentages pondéraux :

	Cr	4,5 à 6%
	Co	0 à 10%
	Mo	1 à 3%
15	W	4,5 à 7,5%
	Ta	3,5 à 7%
	Ti	0,5 à 2%
	Nb	0 à 2%
	Al	5 à 5,6%
20	Ru	0 à 3%
	Hf	0 à 0,2%
	Si	0 à 0,2%
	Re	2 à 3,5%
	Y	0 à 0,05%
25	S	0 à 10ppm

avec par ailleurs la somme des pourcentages atomiques Al+Ti+Ta+Nb comprise entre 15 et 16% et la somme des pourcentages atomiques Mo+W+Re+Ru comprise entre 4,2 et 4,8%

30

L'invention sera mieux comprise et les avantages précisés à l'aide de la description qui va suivre de la justification des principaux choix de composition et des exemples de réalisation, en référence aux figures annexées sur

35 lesquelles :

- la figure 1 représente les courbes comparatives établies à partir des résultats d'essais de fluage à 300 heures avec

allongement de 1% pour un superalliage conforme à l'invention et des superalliages connus antérieurs, selon un diagramme où sont reportées en ordonnées les contraintes en MPa et en abscisses les températures en degrés C ;

5

- la figure 2 représente les courbes comparatives établies à partir des résultats d'essais de fluage à la rupture pour un superalliage conforme à l'invention et des superalliages connus antérieurs, selon un diagramme où sont reportées en ordonnées les contraintes en MPa et en abscisses les températures en degrés C.

10

SPECIFICATIONS en Cr, Mo, W, Re, Ru

15 Le chrome présent dans la phase gamma du superalliage joue un rôle essentiel pour sa résistance aux effets de l'environnement à haute température. La teneur pondérale optimisée du chrome se situe entre 4,5 et 6%.

20 Les éléments Mo, W, Re et Ru permettent de durcir l'alliage, c'est à dire d'améliorer la résistance au fluage à toutes températures. Les teneurs sont cependant limitées par l'optimisation du rapport de contrainte admissible sur densité qui conduit à limiter la densité à 8,7. Une autre limitation est fournie par la recherche des conditions de stabilité métallurgique et microstructurale du superalliage. Une fourchette de la somme des teneurs en pourcentages atomiques Mo+W+Re+Ru a été déterminée comprise entre 4,2 % et 4,8%. Dans ce domaine, la teneur massique en molybdène

25 retenue est comprise entre 1% et 3%, en tungstène entre 4,5 et 7,5%, en ruthénium entre 0 et 3%. L'influence du rhénium est déterminante, comme le montrent les résultats d'essais décrits ci-après, sur l'amélioration de la résistance mécanique du superalliage au-delà de 900°C et

30 particulièrement de 950°C à 1050°C en tenue au fluage. La teneur massique en rhénium retenue est comprise entre 2% et 3,5%.

35

SPECIFICATIONS en Al, Ti, Ta, Nb, Hf.

5 La fraction volumique de phase gamma-prime dans un
superaliage est un paramètre important pour l'obtention des
propriétés visées par l'invention. La présence de cette phase
précipitée est fonction de la teneur en éléments gamme-prime-
gènes Al, Ti, Ta, Nb. La fourchette de la somme des teneurs
10 en pourcentages atomiques Al+Ti+Ta+Nb a été déterminée
comprise entre 15% et 16%. Dans ce domaine, la teneur
massique en aluminium retenue est comprise entre 5% et 5,6%,
en titane entre 0,5% et 2%, en tantale entre 3,5 et 7% et en
niobium entre 0 et 2%.

15

AUTRES SPECIFICATIONS

Le cobalt peut avoir une influence favorable pour la
20 résistance en fluage mais sa teneur a cependant été limitée
pour éviter une influence défavorable par rapport à celle du
nickel sur la stabilité microstructurale du superalliage. La
teneur retenue en pourcentage massique se situe entre 0 et
10%.

25

D'autres éléments peuvent être présents dans le superalliage
mais des limites maximales de teneurs massiques ont été
fixées à 0,22 pour Hf, 0,2 pour Si, 0,05% pour Y et 10ppm
pour S.

30

Le tableau I ci-après donne les compositions en pourcentages
pondéraux des superalliages connus antérieurs A, B, C, D, F
et des superalliages conformes à l'invention AE3 et AE3b.

35

	A	B	C	D	F	AE3	AE3b
Ni	64	65	62	57	68	63	67
Cr	7,5	8	6	4,7	2,3	5,6	5,5
Co	6,5	5	9	12,5	3,2	8,08	4
Mo	2	2	0,6	1,4	0,4	2,2	2,2
Ta	8	6	7	7,21	8,3	3,9	4
W	5,5	8	6	5,98	5,5	7,3	7
Ti	1,2	1,5	1	0	0,31	1,1	1
Al	5,3	5	5,6	5,75	5,73	5,55	5,4
Hf	0,1		0,1	0,15	0,03		
Re			3	5,39	6,3	2,49	3
Nb				0	0,1	1	1
Ru				0	0	0	0
d	8,59	8,63	8,7	8,91	9,1	8,68	8,70

5

TABLEAU I

Les superalliages A et B sont conformes à EP-A-0 149 942.

- 10 Le superalliage C est connu sous la désignation commerciale CMSX4 et est conforme à EP-A-0 155 827.

Le superalliage D est connu sous la désignation commerciale R'N6 et est conforme à US 5.455.120.

15

Le superalliage F est connu sous la désignation commerciale CMSX10 et est conforme à WO 94/00611.

- 20 Le tableau II ci-après récapitule les résultats obtenus lors des essais de fluage aux températures de 760°C, 950°C, 1050°C, 1100°C et 1150°C en donnant les contraintes appliquées en MPa et les temps en heures obtenus

respectivement pour un allongement de 1% et à rupture, pour le superalliage connu A et pour le superalliage AE3 conforme à l'invention :

Température degrés C	Contrainte MPa	Temps-heures 1% allongement		Temps-heure rupture	
		A	AE3	A	AE3
760	840	12	1,2	200	230
950	300	40	110	160	250
1050	150	200	320	260	340
1100	130	20	200	70	210
1150	100		42	27	46

TABLEAU II

Les courbes A, B, C et AE3 de la figure 1 montrent en outre les résultats obtenus en essais au fluage à 300 heures avec allongement de 1% respectivement pour les superalliages connus A, B et C et pour le superalliage AE3 conforme à l'invention et dont les compositions sont indiquées sur le tableau I.

15

De manière analogue, les courbes A, C, D, F et AE3 de la figure 2 montrent les résultats obtenus en essais de fluage à rupture à 300 heures pour les superalliages connus A, C, D, et F et pour le superalliage AE3 conforme à l'invention et dont les compositions sont indiquées sur le tableau I.

En fluage avec allongement de 1%, on relève sur la figure 1 par exemple, un gain de 25 à 50°C, pour une utilisation au-delà de 900°C montrant l'amélioration de la résistance mécanique d'un superalliage AE3 conforme à l'invention, par rapport à un superalliage connu A couramment utilisé pour la fabrication d'aubes de turbine destinées à des turboréacteurs

à hautes performances. Cette amélioration est tout à fait remarquable car les performances obtenues dans une plage de températures situées entre 950°C et 1100°C qui correspondent à des conditions d'utilisation importantes pour les applications aéronautiques sont supérieures aux performances du superalliage C rappelé ci-dessus et qui comporte 3 % de rhénium.

REVENDICATIONS

1. Superalliage monocristallin à matrice à base de nickel
 5 présentant une haute résistance au fluage et une bonne stabilité microstructurale, de densité ne dépassant pas 8,7 caractérisé en ce que la composition chimique en pourcentages pondéraux appartient au domaine suivant :

10	Cr	4,5 à 6
	Co	0 à 10
	Mo	1 à 3
	W	4,5 à 7,5
	Ta	3,5 à 7
15	Ti	0,5 à 2
	Nb	0 à 2
	Al	5 à 5,6
	Ru	0 à 3
	Hf	0 à 0,2
20	Si	0 à 0,2
	Re	2 à 3,5
	Y	0 à 0,05
	S	0 à 10ppm
	et Ni complément à 100	

25

que la somme des pourcentages atomiques Al+Ti+Ta+Nb est comprise entre 15 et 16% et la somme des pourcentages atomiques Mo+W+Re+Ru est comprise entre 4,2 et 4,8%.

- 30 2. Superalliage selon la revendication 1 présentant la composition suivante, en pourcentages pondéraux :

Cr 5,5; Co 4 ; Mo 2,2 ; W 7 ; Ta 4 ; Ti 1 ; Nb 1 ; Al 5,4 ; Re 2,7

35

Hf inférieur à 0,1 ; Si inférieur à 0,1 ; Y inférieur à 0,03 ; S inférieur à 1 ppm et Ni complément à 100, dans

laquelle la somme des pourcentages atomiques Al+Ti+Ta+Nb vaut 15,45% et la somme des pourcentages atomiques Mo+W+Re+Ru vaut 4,60%/

- 5 3. Superaliage selon la revendication 1 présentant la composition suivante, en pourcentages pondéraux :

Cr 5,5 ; Co 8 ; Mo 2,2 ; W 7 ; Ta 4 ; Ti 1 ; Nb 1 ; Al 5,4 ;
Re 2,7 ; Hf inférieur à 0,1 ; Si inférieur à 0,1 ; Y
10 inférieur à 0,03 ; S inférieur à 1 ppm et Ni complément à
100, dans laquelle la somme des pourcentages atomiques Al +
Ti + Ta + Nb vaut 15,45 % et la somme des pourcentages
atomiques Mo + W + Re + Ru vaut 4,60 %.

1/2

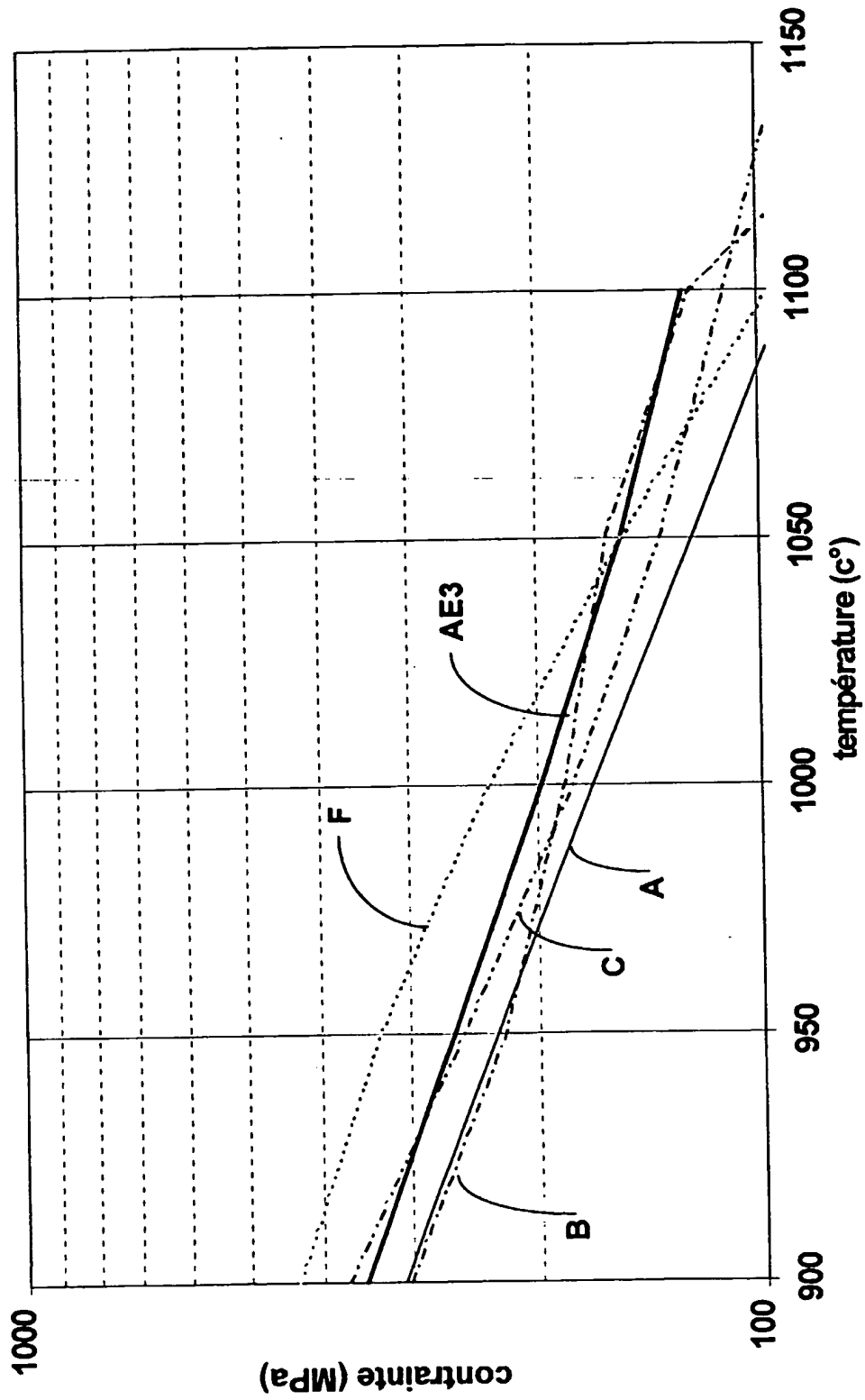


Fig.:1

2/2

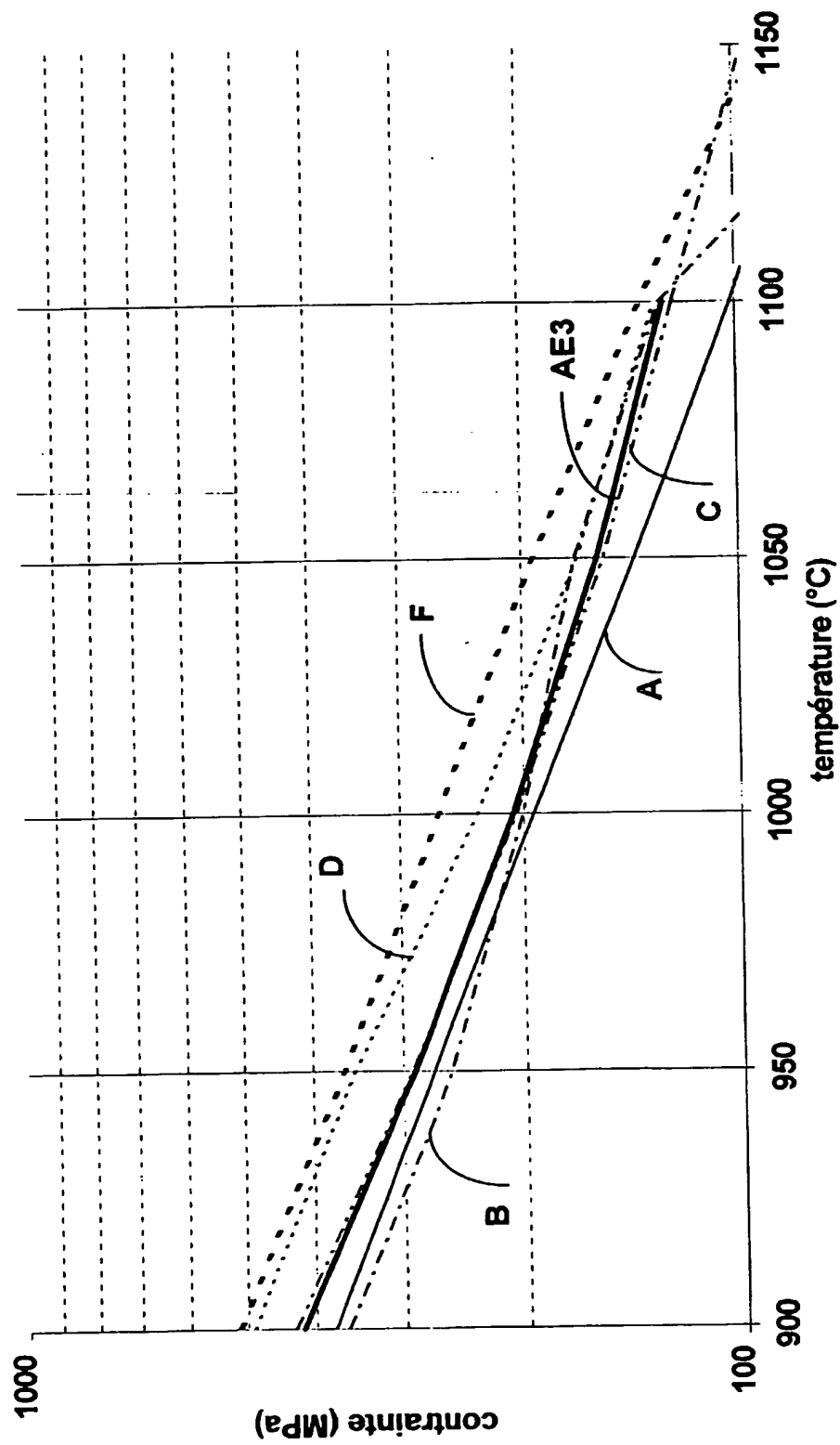


Fig.: 2

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 563497
FR 9808799

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X A	EP 0 150 917 A (GARRETT CORP) 7 août 1985 * tableau 1 * * revendications 1-4 *	1 2,3
X A	US 4 222 794 A (SCHWEIZER FREDERICK A ET AL) 16 septembre 1980 * tableaux 1,2 * * revendication 1 * * colonne 4, ligne 40 - colonne 5, ligne 58 *	1 2,3
X A	EP 0 246 082 A (GARRETT CORP) 19 novembre 1987 * revendication 1 * * tableau 1 *	1 2,3
D,A	EP 0 155 827 A (CANNON MUSKEGON CORP) 25 septembre 1985 * revendications 1,5,6 *	1-3
D,A	EP 0 208 645 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 14 janvier 1987 * revendications 1,7 *	1-3
D,A	EP 0 149 942 A (ARMINES ;ONERA (OFF NAT AEROSPATIALE) (FR); SNECMA (FR); IMPHY SA) 31 juillet 1985 * revendications 1-7 *	1-3
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		C22C C30B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
23 décembre 1998		Vlassi, E
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		